"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و ششم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر میزان بذر بر روابط بین صفات گیاهی، عملکرد دانه و محتوای روغن دانه ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

Effect of seeding rate on relationships between plant traits, seed yield and seed oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars

امیر وحدتی‌راد[1] و رسول محمودی[2]

چکیده

امیر وحدتی‌راد، ا. و ر. محمودی. ۱۴۰۳. اثر میزان بذر بر روابط بین صفات گیاهی، عملکرد دانه و محتوای روغن دانه ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۶ (۲): ۱۲۸ -۱۱۱.**

با توجه به اهمیت بررسی تراکم بوته در ارقام جدید کلزا، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی کشت و صنعت فدک در استان مرکزی، شهرستان زرندیه در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام هیبرید روهان و آرشیتکت و رقم آزاد گرده افشان اکاپی و تراکم‌های بوته بر اساس میزان بذر مصرفی شامل یک، دو، چهار و هشت کیلوگرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۴۷۳۱ کیلوگرم در هکتار) از رقم آرشیتکت در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با دو کیلوگرم در هکتار نداشت. ارقام روهان و آرشیتکت بیشترین تعداد شاخه فرعی (۱۲/۸ و ۱۲/۱ شاخه) را در تیمار یک کیلوگرم در هکتار داشتند. بیشترین طول دوره پر شدن دانه (۳۰/۵ روز) در ارقام آرشیتکت و روهان به ترتیب در تیمارهای یک و دو کیلوگرم بذر در هکتار بدست آمد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه و محتوای روغن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. نتایج نشان داد که تیمارهای دو و چهار کیلوگرم بذر در هکتار به‌ترتیب برای ارقام آرشیتکت و روهان، مناسب‌تر بودند. در ارقام آرشیتکت و روهان بالا بودن کسر پر شدن دانه (نسبت طول دوره پر شدن دانه به کل دوره رشد، از کاشت تا رسیدگی) (به‌ترتیب ۰/۱۲۷ و ۰/۱۲۴) و طول دوره پر شدن دانه بالا (به‌ترتیب ۲۹/۵ و ۲۸/۹ روز) در کنار گلدهی زودرس (به‌ترتیب ۲۰۱ و ۲۰۲/۳ روز)، از ویژگی‌های برتری آنها بودند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان بذر مصرفی، محتوای روغن دانه ارقام کلزا افزایش یافت که یکی از علت‌های آن می‌تواند افزایش تعداد ساقه‌های اصلی در واحد سطح باشد. با توجه به نتایج آزمایش، به‌نظر می‌رسد که در ارقام جدید کلزا، گلدهی زودتر، دوره پرشدن دانه طولانی‌تر و کسر پر شدن دانه بالاتر، باعث افزایش عملکرد دانه در ارقام جدید کلزا شده است.

واژه‌های کلیدی: روغن دانه، طول دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه، کلزا و وزن هزار دانه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

۱- کارشناس ارشد تحقیق و توسعه، کشت و صنعت فدک آدینه، گروه آدینه، تهران، ایران (مکاتبه کننده، amirvrad@gmail.com ✉)
۲- معاون تحقیق و توسعه، کشت و صنعت فدک آدینه، گروه آدینه، تهران، ایران

Effect of seeding rate on relationships between plant traits, seed yield and seed oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars

Vahdatirad, A.[1] and Mahmoudi, R.[2]

ABSTRACT

Vahdatirad, A. and Mahmoudi, R. 2025 Effect of seeding rate on relationships between plant traits, seed yield and seed oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 26(2): 111-128. (In Persian).**

Introduction: Rapeseed is one of the major oilseed crops in the world. Increasing the seed yield and oil content of rapeseed is important for the production of rapeseed oil. The maximum seed yield is achieved in the optimal plant density. By reducing the plant density, it is partially compensated by the increase in number of secondary branches, biomass, while in high density, rapeseed plants are often prone to increase the incidence of disease (Rondanini *et al.*, 2017). Determining the optimal density in crops depends on many factors such as plant type, soil fertility, available water and environmental conditions (Hiltbrunner *et al.*, 2007). Rapeseed genotypes differ from each other in terms of the number of seeds per silique, the number of siliques per unit area, seed weight, and the number of secondary branches. The objective of the present experiment is to obtain this information and determine the appropriate plant density to obtain the highest seed yield and to identify the role of yield components in production and the relationships between them in new rapeseed cultivars.

Materials and Methods: The seedinging rate was determined based on the thousand seed weight of rapeseed cultivars using a fine seed machine and 1 kg., 2 kg, 4 kg and 8 $kg.ha^{-1}$ seed were used. The rapeseed cultivars used were Architect, Rohan and Okapi. Factorial arrangement in randomized complete blocks design with three replications was used. The experiment was carried out in research farm of Fadak Agro-industry Company in Markazi province, Iran in 2021-22 and 2022-23 growing seasons. Phenological traits including days to flowering days to maturity, seed filling duration, seed filling fraction (the ratio of seed filling duration to the total growth duration from seeding to maturity) and plant height were measured and claculted. Seed yield and its component, including; number of secondary branches, thousand seed weight, number of $silique.plant^{-1}$, number of $seed.silique^{-1}$, were measured on randomly harvested 20 plants from each experimental plot and calculating the average. Seed yield was obtained with harvesting from 50 m^2 in each plot. Seed oil content was measured using an NMR spectrometer (ISO 10565, 1998). Analysis of variance was performed using SAS 9.1 software, and relationship between traits was studied using Excell 2003 software. LSD test, at the 5% probability level, was used for means comparison.

Results: Results showed that days to flowering varied from 198.7 to 205.8 days and had a decreasing trend with the increasing of seeding rate. The longest seed filling duration (30.5 days) was recorded for cv. Architect. The shortes seed filling duration (24.3 days) belonged to cv. Okapi at the seeding rate of 2 $kg.ha^{-1}$. The 1000 seed weight of the cv. Architect, cv. Rohan and cv. Okapi were 5.22 g, 4.36 g and 3.39 g, respectively. With the increase of seeding rate, 1000 seed weight decreased from 4.56 g in 1 $kg.ha^{-1}$ to 4.1 g in 8 $kg.ha^{-1}$ seeding rates. The highest number of secondary branches in the cv. Architect was obtained at 1 and 2 $kg.ha^{-1}$ seeding rates. The highest seed yield in cv. Architect (4731 $kg.ha^{-1}$) was obtained in seeding rate of 4 $kg.ha^{-1}$. The plant height decreased from 172 to 152.6 cm. with increasing seeding rate.The number of $seed.silique^{-1}$ had a downward trend. With the increase in seeding rate, the seed oil content showed a significant upward trend. Seed yield significantly correlated with 1000 seed weight, number of secondary branches, plant height and seed oil content.

Conclusion: With the increase in seeding rate, seed oil content increased and this result can be related to the increase in the number of main stems with the increase seeding rate. Seed filling fraction (the ratio of seed filling duration to the total growth duration from seeding to maturity) and its positive and significant correlation with yield traits such as seed yield, 1000 seed weight and seed oil content showed that the long seed filling duration in addition to the early flowering is a desirable attributes. According to the results of this experiment, the optimum seeding rates for cv. Architect, cv. Rohan and cv. Okapi were 2, 4 and 8 $kg.ha^{-1}$, respectively. In new rapeseed cultivars, cv. Architect and cv. Rohan, early flowering, longer seed filling duration and higher seed filling fraction may have important roles in achieving higher seed yield.

Key words: Rapeseed, Seed filling duration, Seed oil content, Seed yield and 1000 seed weight

Received: January, 2024 **Accepted: June, 2024**

1. Senior expert of Research and Development, Fadak Adineh Agroindustry, Adineh Group, Tehran, Iran
(Corresponding author, ✉ amirvrad@gmail.com)
2. Deputy of Research and Development, Fadak Adineh Agroindustry, Adineh Group, Tehran, Iran

مقدمه

جمعیت جهان با سرعت زیادی در حال افزایش است و انتظار می‌رود که تا پایان سال ۲۰۵۰ به حدود نه میلیارد نفر برسد که این موضوع باعث افزایش مداوم نیاز به منابع غذایی از جمله روغن خوراکی می‌شود (Zhang *et al*., 2012). کلزا (*Brassica napus* L.) سومین گیاه زراعی دانه روغنی مهم در جهان بعد از سویا و پالم است و کمیت و کیفیت روغن آن برای مصارف خوراکی مطلوب است (Menendez *et al*., 2019).

افزایش عملکرد دانه و محتوای روغن دانه کلزا در تولید این دانه روغنی اهمیت زیادی دارند، اما فرآیندهای تشکیل عملکرد بسیار متغیر بوده و به رقم، شرایط محیطی، عوامل زراعی و نیز برهمکنش بین آنها بستگی دارد. تراکم بوته بر میزان عملکرد دانه گیاهان زراعی تأثیر زیادی دارد (Li *et al*., 2018). پاسخ عملکرد دانه در واحد سطح به تراکم بوته به صورت منحنی است و حداکثر عملکرد در تراکم بهینه حاصل می‌شود که به رقم، شرایط محیطی و عوامل زراعی بستگی دارد (Hiltbrunner *et al*., 2007). در کلزا با کاهش تراکم بوته، کاهش تعداد بوته در واحد سطح تا حدی با افزایش زیست توده جبران می‌شود. در تراکم‌های پایین، سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد خورجین‌ها بیشتر می‌شود، در حالی که در تراکم‌های بالا، بدون افزایش عملکرد، بوته‌ها دچار خوابیدگی شده و شیوع بیماری‌ها افزایش می‌یابد (Rondanini *et al*., 2017).

لیچ و همکاران (Leach *et al*., 1999) گزارش کردند که عملکرد دانه کلزای زمستانه با تراکم بوته ۵۰ تا ۶۰ بوته در مترمربع افزایش یافت. در کلزای بهاره با افزایش تراکم بوته تا ۱۲۰ بوته در مترمربع، عملکرد دانه افزایش یافت و پس از آن اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه بدون تاثیر بود. آنها نتیجه گرفتند که با افزایش تراکم بوته در یک محدوده مشخص، پتانسیل افزایش عملکرد کلزا وجود دارد. به گزارش البرزینجی و همکاران (Al-Barzinjy *et al*., 1999)، تراکم بوته از ۲۰ بوته تا ۱۳۰ بوته در مترمربع، به شرایط تولید و ژنوتیپ بستگی دارد. تولید کلزا در تراکم پایین باعث افزایش زیست توده، شمار بیشتر خورجین‌ها و رسیدگی غیریکنواخت شده و باعث تاثیر منفی بر مولفه‌های عملکرد و کاهش کیفیت بذر می‌شود. در تراکم‌های بالاتر، ارتفاع بوته افزایش یافته و باعث حساس شدن گیاه به خوابیدگی و حمله آفات می‌شود (Leach *et al*., 1999). مجتبی و عمران (Mujtaba and Imran, 2003) در بررسی اثر تراکم بوته و سطوح کودی بر عملکرد دانه کلزا گزارش کردند که افزایش تراکم بوته باعث کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین‌ها، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و همچنین افزایش ارتفاع بوته و طول میانگره‌های ساقه می‌شود که در زمان تشکیل خورجین‌ها، باعث افزایش احتمال خوابیدگی بوته می‌شود. در تراکم گیاهی بالا سایه انداز گیاه منظم‌تر، ساقه‌ها نازک‌تر، شاخه‌های جانبی کوتاه‌تر و رسیدگی همگام‌تر می‌شود که این عوامل باعث تسهیل در برداشت ماشینی محصول می‌شود. نتایج آزمایش یانتای و همکاران (Yantai *et al*., 2015) نشان داد که افزایش تراکم بوته در کلزا باعث کاهش زمان رسیدگی شده و عملکرد دانه نیز ۷۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2014) در ارزیابی اثر پنج سطح تراکم بوته کلزا شامل ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ بوته در مترمربع گزارش کردند که بیشترین میزان روغن دانه در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد. سیادت و همکاران (Siadat *et al*., 2010) با بررسی اثر سه تراکم بوته ۱۶/۶، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع روی رقم تارو کلزا گزارش دادند که با افزایش تراکم، تعداد خورجین در واحد سطح افزایش، ولی تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه کاهش یافتند.

تعیین تراکم مطلوب بوته به عوامل زیادی مانند نوع گیاه، رقم، حاصلخیزی خاک، آب قابل دسترس و عوامل محیطی بستگی دارد. ژنوتیپ‌های کلزا از لحاظ تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در واحد سطح، وزن دانه و تعداد شاخه‌های فرعی با یکدیگر تفاوت دارند، در نتیجه شناسایی ارقام مناسب یک روش موثر در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا می‌باشد. اگرچه دامنه میزان تراکم بذر برای کشت کلزا مشخص شده‌است؛ اما تعیین میزان دقیق‌تر آن برای دستیابی به عملکرد قابل قبول، بسیار ضروری است. هدف از آزمایش حاضر تعیین تراکم بوته مناسب برای دستیابی به بالاترین عملکرد دانه و شناسایی نقش اجزای عملکرد در تولید محصول و روابط بین آنها در ارقام جدید کلزا و مقایسه آن با رقم متداول بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل (تراکم بوته در چهار سطح و ارقام کلزا در سه سطح) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شرکت کشت و صنعت فدک آدینه در استان مرکزی، شهرستان زرندیه با مختصات طول جغرافیایی ۵۰/۳۱ و عرض جغرافیایی ۳۵/۳۷ در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. اطلاعات اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول یک ارائه شده است.

آماده سازی زمین بعد از برداشت محصول قبلی (گندم)، با استفاده از دیسک (دو مرتبه) و لولر انجام شد. اندازه هر کرت آزمایشی ۳/۵ در ۳۰ متر بود. کودهای نیتروژن (از منبع اوره) ۵۰ کیلوگرم در هکتار، پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت به خاک اضافه شدند. میزان بذر مصرفی مورد نظر با استفاده از دستگاه ریزدانه کار (ماشین زراعت همدان) با عمق کاشت ۱ تا ۲ سانتی‌متر و سه ردیف کاشت روی هر پشته به‌میزان یک، دو، چهار و هشت کیلوگرم در هکتار تنظیم شد (به‌ترتیب معادل ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ بوته در مترمربع). ارقام کلزای مورد آزمایش عبارت بودند از آرشیتکت (رقم هیبرید زمستانه محصول شرکت لیماگرین فرانسه)، روهان (رقم هیبرید زمستانه محصول شرکت NPZ آلمان) و اکاپی (رقم آزاد گرده‌افشان) که مشخصات آنها بر اساس اعلام شرکت‌های تولید کننده در جدول ۲ ارائه شده است.

آبیاری به شیوه نواری اجرا شد و اولین آبیاری در تاریخ هفتم مهر انجام شد. تعداد دفعات آبیاری در پاییز سه نوبت بود و پس از رفع سرمای زمستان تا دو هفته بعد از ریختن کامل گلبرگ‌ها با فاصله ۷ تا ۱۰ روز انجام شد. فاصله قطره چکان‌ها روی نوار ۱۰ سانتی‌متر و و دبی آن‌ها ۱/۵ لیتر در ساعت بود. برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ به‌ترتیب از علف‌کش‌های سوپرگالانت و لونترل به‌میزان یک و ۰/۸ لیتر در هکتار در مرحله چهار برگ حقیقی کلزا و برای کنترل آفت شته مومی از سموم کنفیدور (۰/۳ لیتر در هکتار) در مرحله ساقه‌دهی و پریمور (یک کیلوگرم در هکتار) در مرحله ابتدای گلدهی استفاده شد. صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه یادداشت شدند. برای تعداد روز تا گلدهی، ۵۰ درصد گلدهی بوته‌های هر کرت، برای تعداد روز تا رسیدگی، تغییر رنگ خورجین‌ها و رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها (با رطوبت حدود ۴۵ درصد)، در نظر گرفته شدند (Menendez *et al.*, 2019). برای طول دوره پر شدن دانه، فاصله تشکیل خورجین‌ها تا رسیدن رطوبت دانه‌ها به حدود ۴۵ درصد، مورد نظر قرار گرفت. کسر پر شدن دانه به‌عنوان یک معیار برای تعیین سهم طول دوره پر شدن دانه از کل دوره

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱)

Table 1. Meteorological information of the experiment site (2021-2022 and 2022-2023)

		۱۴۰۰-۱۴۰۱ 2021-2022				۱۴۰۱-۱۴۰۲ 2022-2023			
Months	ماه	دمای متوسط Mean temperature (˚C)	دمای حداکثر Max. temperature (˚C)	دمای حداقل Min. temperature (˚C)	بارندگی Rainfall (mm)	دمای متوسط Mean temperature (˚C)	دمای حداکثر Max. temperature (˚C)	دمای حداقل Min. temperature (˚C)	بارندگی Rainfall (mm)
Sep.	شهریور	23.5	33.1	11.6	0.0	23.9	33.0	11.7	0.0
Oct.	مهر	15.5	24.1	6.7	4.8	18.3	26.8	8.0	0.0
Nov.	آبان.	7.0	12.8	1.1	57.4	8.8	15.2	1.8	29.4
Dec.	آذر	4.4	10.8	-2.0	33.7	1.8	6.8	-2.7	35.3
Jan.	دی	2.2	8.6	-4.6	47.8	-1.0	3.4	-4.9	42.1
Feb.	بهمن	4.3	10.6	-2.4	36.5	1.1	6.9	-4.6	48.0
Mar.	اسفند	9.7	16.1	1.8	36.0	11.7	17.7	4.8	16.7
Apr.	فروردین	17	24.1	7.4	5.5	15.8	21.9	7.1	13.4
May.	اردیبهشت	19.8	26.9	10.2	1.0	20.5	27.4	11.0	14.7
Jun.	خرداد	27.4	34.9	16.3	0.0	26.3	33.7	16.4	8.4

جدول ۲- مشخصات زراعی ارقام کلزای مورد آزمایش

Table 2. Characteristics of rapeseed cultivars used in the experiment

Rapeseed cultivars	ارقام کلزا	Origin	مبدا	Winter hardiness	قابلیت زمستان‌گذرانی	Plant height	ارتفاع بوته	Flowering	شروع گلدهی	Maturity	رسیدگی
Rohan	روهان	Germany	آلمان	High	بالا	Short to medium	کوتاه تا متوسط	Early	زود	Medium	میان‌رس
Architect	آرشیتکت	France	فرانسه	High	بالا	Medium to high	متوسط تا بلند	Early to medium	نسبتا زود	Medium	میان‌رس
Okapi	اکاپی	Iran	ایران	High	بالا	Medium to high	متوسط تا بلند	Medium	متوسط	Medium to late	میان‌رس تا دیررس

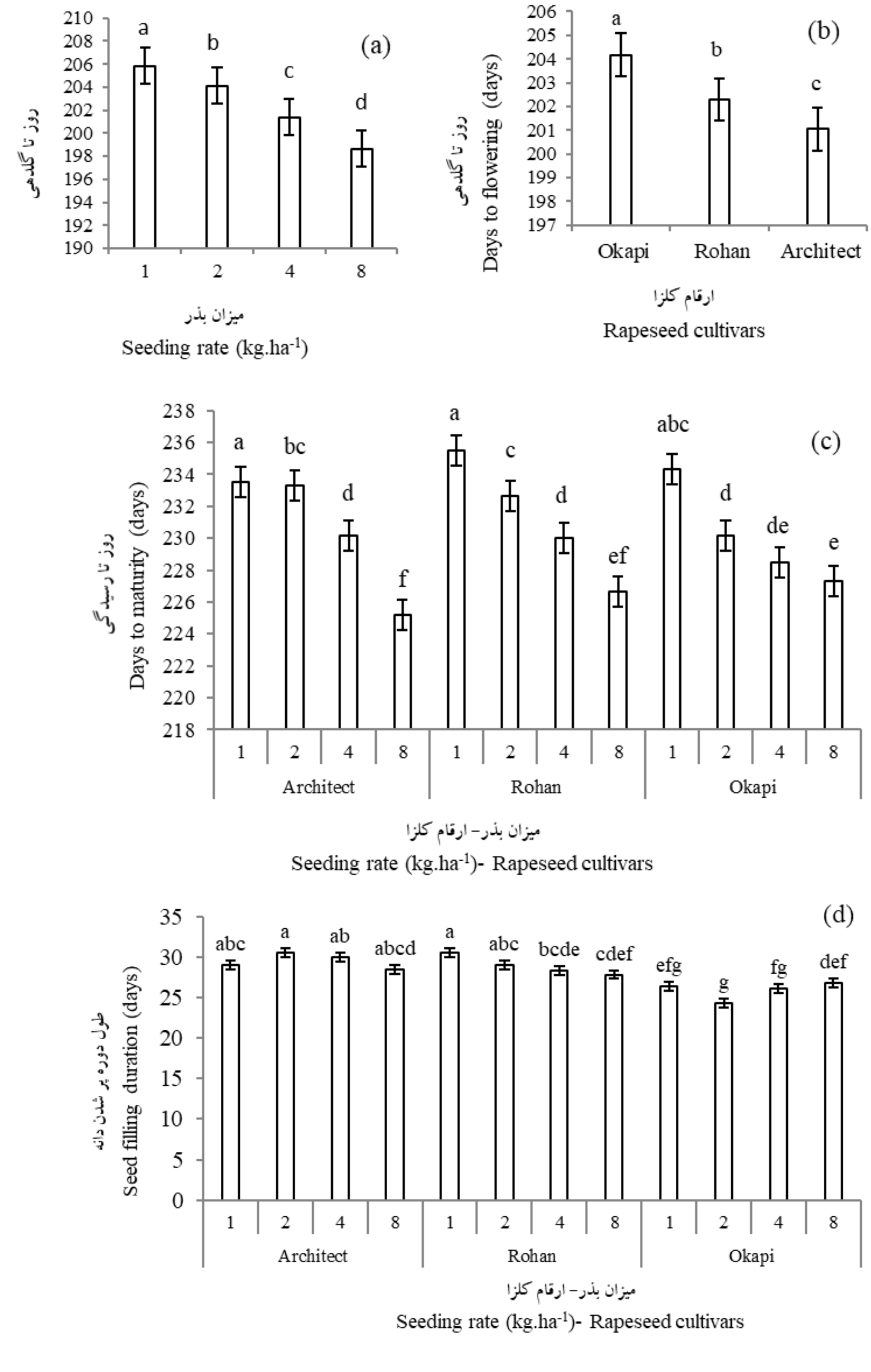
رشد، از نسبت طول دوره پر شدن دانه به تعداد روز تا رسیدگی محاسبه شد. برای تعیین ارتفاع بوته فاصله طوقه گیاه تا انتهایی‌ترین خورجین ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. صفات مرتبط با عملکرد شامل تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی، با انتخاب تصادفی ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی و محاسبه میانگین آنها به‌دست آمدند. عملکرد دانه پس از برداشت بوته‌ها از سطح ۵۰ مترمربع اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه و عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۲ درصد دانه محاسبه شدند. اندازه‌گیری محتوای روغن دانه با استفاده از اسپکترومتر NMR (Bruker, Germany) انجام شد (ISO 10565, 1998).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و تجزیه همبستگی بین صفات و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excell 2003 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. پس از مشخص شدن یکنواختی واریانس داده‌های دو سال آزمایش با استفاده از آزمون F_{max}، تجزیه واریانس به‌صورت مرکب انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که ارقام کلزای مورد آزمایش از لحاظ صفات تعداد روز تا گلدهی، طول دوره پر شدن دانه، کسر پر شدن دانه، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته، تعداد خورجین‌ها در بوته، تعداد دانه‌ها در خورجین ساقه اصلی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و محتوای روغن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد روز تا گلدهی برای رقم اکاپی با ۲۰۴/۲ روز و کمترین تعداد روز تا گلدهی به رقم آرشیتکت با ۲۰۱ روز اختصاص داشت (شکل ۱). نتایج نشان داد که با افزایش میزان بذر از یک کیلوگرم به هشت کیلوگرم در هکتار (افزایش تراکم بوته)، تعداد روز تا گلدهی از ۲۰۵/۸ به ۱۹۸/۷ روز رسید و روند کاهشی داشت که تفاوت آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش رقم و میزان بذر بر تعداد روز تا رسیدگی معنی‌دار بود. بیشترین تعداد روز تا رسیدگی به رقم روهان در تیمار یک کیلوگرم در هکتار و کمترین تعداد روز تا رسیدگی به رقم آرشیتکت در تیمار هشت کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت. بیشترین طول دوره پر شدن دانه در رقم آرشیتکت با ۳۰/۵ روز در تیمار دو کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در رقم اکاپی با ۲۴/۳ روز در تیمار دو کیلوگرم در هکتار بدست آمد. با افزایش میزان بذر (تراکم بوته) از دو به هشت کیلوگرم در هکتار، طول دوره پر شدن دانه در رقم اکاپی افزایش یافت که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای دو و هشت کیلوگرم در هکتار داشت. در رقم روهان بیشترین طول دوره پر شدن دانه در تیمار یک کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در رقم آرشیتکت نیز بیشترین طول دوره پر شدن دانه در تیمار دو کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با سایر مقادیر بذر نداشت (شکل ۱).

تراکم بوته روی توسعه پوشش گیاهی، نفوذ نور، تبخیر آب از سطح خاک، تولید ماده خشک، شیوع بیماری‌ها، رقابت علف‌های هرز و در نهایت عملکرد دانه اثر می‌گذارد (Lopez-Bellido *et al.*, 2005). نتایج این تحقیق نشان داد که با کاهش تراکم بوته در واحد سطح و افزایش فضای بین بوته‌ها، مراحل فنولوژیک تعداد روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی افزایش یافتند. این روند در کلیه ارقام کلزا قابل مشاهده بود. اوزر (Ozer, 2003) با ارزیابی اثر تراکم بوته روی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزای بهاره گزارش کرد که افزایش فضای بین بوته‌ها (روی ردیف و بین ردیف‌ها) اثر معنی‌داری بر طول دوره رشد کلزا

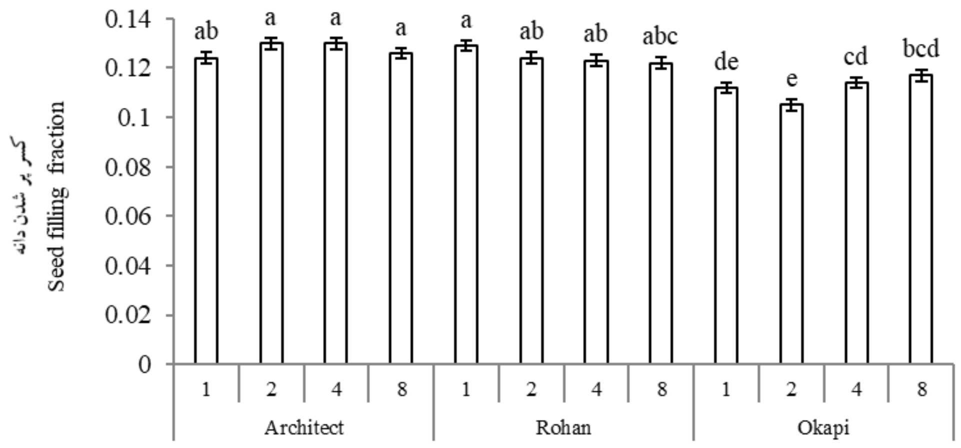


شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد روز تا گلدهی ارقام کلزا در تیمارهای میزان بذر (a) و رقم (b) و میانگین تعداد روز تا رسیدگی (c) و طول دوره پر شدن دانه (d) در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 1. Mean comparison of days to flowering of rapeseed cultivars in seeding rate (a) and cultivar (b) treatments and mean of days to maturity (c) and seed filling duration (d) in interaction of seeding rate and cultivar treatments

داشت که نتایج تحقیق حاضر نیز با این موضوع هماهنگی دارد. روندانینی و همکاران (Rondanini *et al.*, 2017) نیز نتایج مشابهی را در کلزا گزارش کردند. علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2020) با بررسی اثر تراکم بوته بر مراحل فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد دانه ارقام کلزا گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، طول دوره گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی کاهش می‌یابد. طولانی بودن دوره گلدهی می‌تواند یکی از عوامل موثر در افزایش عملکرد باشد. ارقام آرشیتکت و روهان با وجود کوتاه بودن دوره رشد تا گلدهی، طول دوره پر شدن دانه طولانی‌تری داشتند که این موضوع می‌تواند به پر شدن بهتر دانه‌ها و افزایش عملکرد دانه کمک کند. در آزمایش علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2020) نیز این ویژگی در کلزای رقم تراپر مشاهده شد. در تحقیق حاضر این ویژگی در ارقام آرشیتکت و روهان مشاهده شد. دوره پر شدن دانه در رقم اکاپی با سایر ارقام در تیمارهای میزان بذر متفاوت بود، به‌طوری که با افزایش تراکم بوته، دوره پر شدن دانه نیز افزایش یافت که این موضوع می‌تواند به‌دلیل پاسخ‌های متفاوت ارقام به تراکم‌های بوته باشد.

نتایج نشان داد که کمترین مقدار کسر پر شدن دانه (نسبت دوره پر شدن دانه به تعداد روز تا رسیدگی) با میانگین ۰/۱۱۲ مربوط به رقم اکاپی بود که تفاوت معنی‌داری با ارقام آرشیتکت و روهان داشت. این شاخص در ارقام آرشیتکت و روهان به‌ترتیب ۰/۱۲۷ و ۰/۱۲۴ بود. میزان بذر تاثیری در مقدار کسر پر شدن دانه در ارقام آرشیتکت و روهان نداشت، اما در رقم اکاپی با افزایش میزان بذر، سهم دوره پر شدن دانه از کل دوره رشد افزایش یافت (شکل ۲).



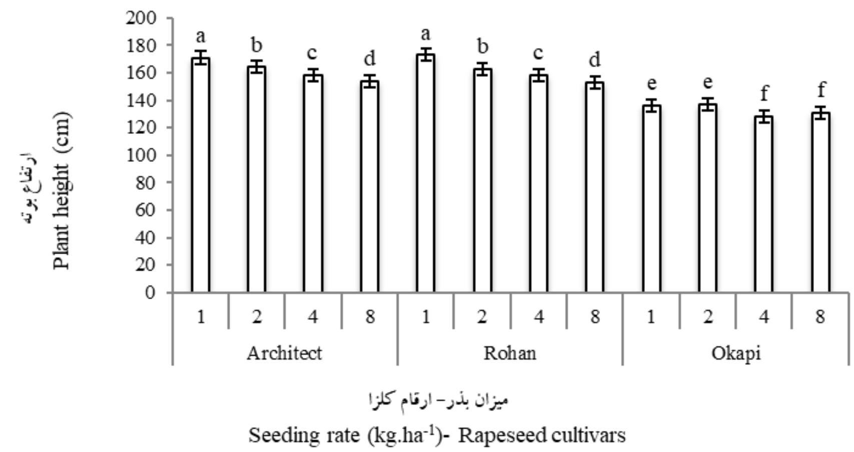
شکل۲- مقایسه میانگین کسر پر شدن دانه ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 2. Mean comparison of seed filling fraction of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

ارقام روهان و آرشیتکت در تیمارهای میزان بذر از نظر صفت ارتفاع بوته روند مشابهی داشتند و با افزایش میزان بذر از یک به هشت کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته از ۱۷۲ به ۱۵۲/۶ سانتی‌متر کاهش یافت (شکل ۳). این موضوع با نتایج تحقیق شیرانی‌راد و احمدی (Shrani Rad and Ahmadi, 1996) روی افزایش تراکم بوته کلزا از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع همخوانی ندارد، اما با نتایج تحقیق علی و همکاران (Ali *et al.*, 1996) روی

تراکم‌های کلزا مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد که افزایش تراکم بوته و رقابت بین بوته‌ها، باعث افزایش ارتفاع بوته شود، اما یکی از عوامل مهم در ساقه‌دهی و ارتفاع بوته کلزا، تجمع زیست توده کافی در بوته‌ها در مرحله روزت است. در تراکم‌های بالا، تک بوته‌ها از زیست توده کافی برای طویل شدن ساقه اصلی برخوردار نیستند. به‌علاوه رقابت بین بوته‌ها باعث کوتاه شدن مرحله رویشی و تسریع در تشکیل اندام‌های زایشی می‌شود. به‌نظر می‌رسد که روند نزولی ارتفاع بوته با افزایش میزان بذر به همین دلیل بوده باشد. علی و همکاران (Ali *et al.*, 1996) رقابت بین بوته‌ها برای مواد غذایی، فضا و نور را عامل مهم در عدم حصول ارتفاع مطلوب بوته در گیاه کلزا گزارش کردند.

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با وزن هزار دانه (r=۰/۸۵**)، عملکرد دانه (r=۰/۷۳**)، تعداد شاخه‌های فرعی (r=۰/۹۷**)، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی (r=۰/۷۶**) و محتوای روغن دانه (r=۰/۶۶*) وجود داشت (جدول ۳). حساسیت کمتر ارقام به شرایط اقلیمی از سالی به سال دیگر یک مزیت محسوب می‌شود. کریستمز (Christmas, 1996) با ارزیابی اثر تاریخ‌های کاشت بر تولید کلزای زمستانه گزارش کرد که واکنش به شرایط آب و هوایی بسته به رقم کلزا متفاوت بوده و برخی از ارقام حساسیت بیشتری به تغییر شرایط آب و هوایی دارند.

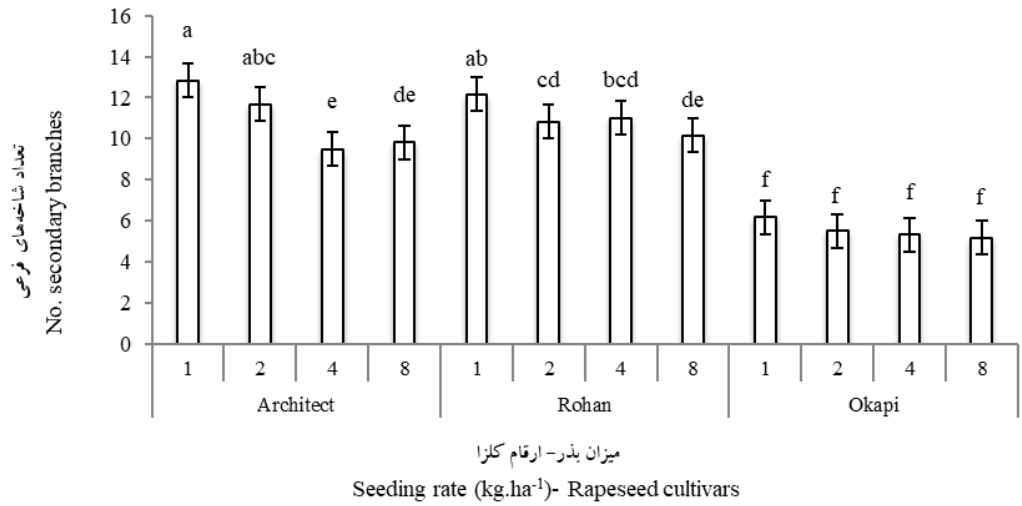


شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 3. Mean comparison of plant height of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته در رقم آرشیتکت در تیمارهای یک و دو کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب ۱۲/۸ و ۱۱/۷ شاخه) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای چهار و هشت کیلوگرم در هکتار داشت. بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته در رقم روهان در تیمارهای یک و چهار کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب ۱۲/۱ و ۱۱ شاخه) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای دو و هشت کیلوگرم در هکتار داشت. کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته (۵/۱ شاخه) در رقم اکاپی در تیمار هشت کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۴). تعداد شاخه فرعی در بوته ارتباط مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارد و با افزایش تراکم بوته، از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته می‌شود. با افزایش تراکم بوته، نفوذ نور به درون پوشش گیاهی کاهش یافته و فعالیت جوانه‌های تشکیل دهنده ساقه‌های فرعی کم می‌شود (Leach *et al.*, 1999;

(Yates and Steven, 1987; Kazemeini *et al*., 2010). این موضوع در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. در آزمایش حاضر ارقام روهان و آرشیتکت بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته را داشتند و به‌نظر می‌رسد که ارقامی با پتانسیل تولید شاخه‌های فرعی بالا، عملکرد دانه بیشتری نیز دارند.



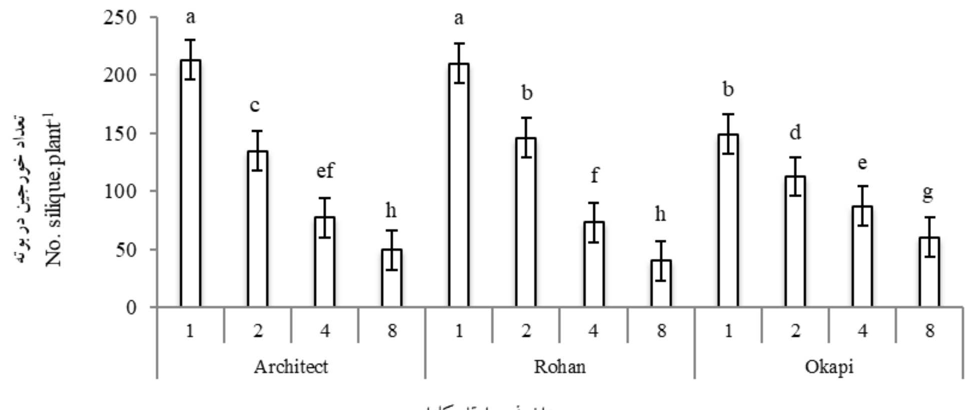
شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 4. Mean comparison of number of secondary branches of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در میزان بذر یک کیلوگرم در هکتار، بیشترین تعداد خورجین در بوته در رقم‌های آرشیتکت و روهان به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. کمترین تعداد خورجین در بوته نیز در ارقام آرشیتکت و روهان در تیمار هشت کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۵). با توجه به نتایج حاصل، به‌نظر می‌رسد که ارقام روهان و آرشیتکت علی‌رغم پتانسیل بالا در تولید خورجین، در تراکم بالا (هشت کیلوگرم در هکتار) حساسیت بیشتری داشته و کاهش بیشتر و معنی‌داری نسبت به رقم اکاپی (علی‌رغم پتانسیل کمتر تولید خورجین) دارند. بنابراین رعایت تراکم بوته در ارقام آرشیتکت و روهان نسبت به رقم اکاپی از اهمیت بیشتری برخوردار است. شیرانی‌راد و احمدی (Shirani Rad and Ahmadi, 1996) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته از ۴۰ به ۱۲۰ در مترمربع، تعداد خورجین در بوته کاهش می‌یابد. اوزر (Ozer, 2003) نیز در تحقیقی در کلزا گزارش کرد که فاصله ردیف کاشت بیشتر (۴۵ سانتی متر) در مقایسه با فواصل کاشت ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر، باعث افزایش تعداد خورجین‌ها می‌شود. علی و همکاران (Ali *et al*., 1996) در آزمایشی با تراکم ۱۰، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع در کلزا گزارش کردند که بیشترین تعداد خورجین در بوته در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد.

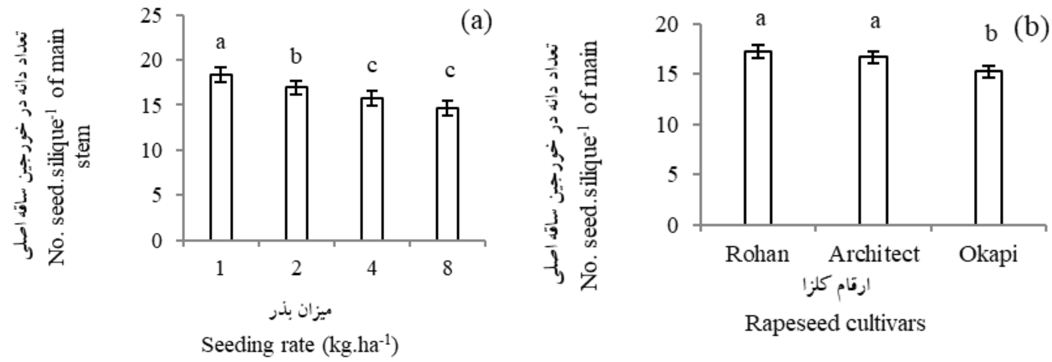
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان بذر، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی ارقام کلزا روند نزولی داشت. رقم روهان با میانگین ۱۷/۲ دانه در خورجین ساقه اصلی بیشترین تعداد دانه در خورجین را داشته و تفاوت معنی‌داری با رقم اکاپی داشت (شکل ۶). نتایج آزمایش‌های لیچ و همکاران (Leach *et al*., 1999)، مومو و ژو (Momoh and Zhou, 2001)، سیدلاسکاس و برنوتوی

(Sidlauskas and Bernotoy, 2003) نشان داد که افزایش تراکم بوته تا بازه معینی باعث افزایش عملکرد دانه شده و تعداد خورجین در بوته و واحد سطح یک عامل مهم در عملکرد دانه ارقام کلزا است. سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2010) با ارزیابی اثر تراکم‌های ۱۶/۶، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع در کلزا گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه کاهش یافتند که این موضوع با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 5. Mean comparison of number of number of silique.plant^{-1} of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

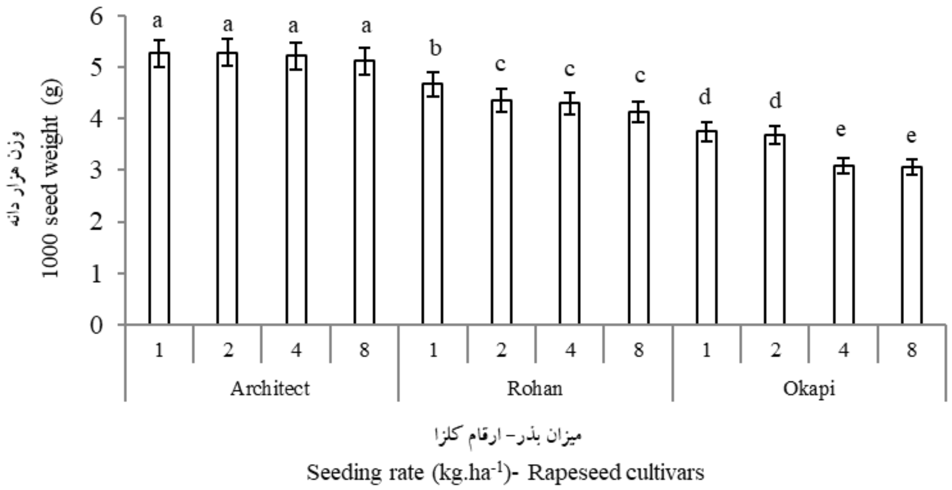


شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی ارقام کلزا در تیمارهای میزان بذر (a) و رقم (b)

Fig. 6. Mean comparison of number of seed.silique^{-1} of main stem of rapeseed cultivars in seeding rate (a) and cultivar (b) treatments

وزن هزار دانه ارقام آرشیتکت، روهان و اکاپی به ترتیب ۵/۲۲، ۴/۳۶ و ۳/۳۹ گرم بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در رقم اکاپی با افزایش میزان بذر، وزن هزار دانه از ۴/۵۶ گرم در میزان بذر

یک کیلوگرم به ۴/۱ گرم در تیمار هشت کیلوگرم در هکتار رسید. هر چند روند کاهشی وزن هزار دانه در رقم آرشیتکت با افزایش میزان بذر مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای میزان بذر مشاهده نشد (شکل ۷). نتایج بررسی وینسس و بلان (Vincence and Belan, 1988) در خصوص عملکرد دانه ارقام کلزای زمستانه در ارتباط با مولفه‌های تشکیل دهنده اجزای عملکرد نشان داد که با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه کاهش یافت. صداقت و همکاران (Sedaghat *et al.*, 2003) و سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2010) نیز نتایج مشابهی گزارش دادند.

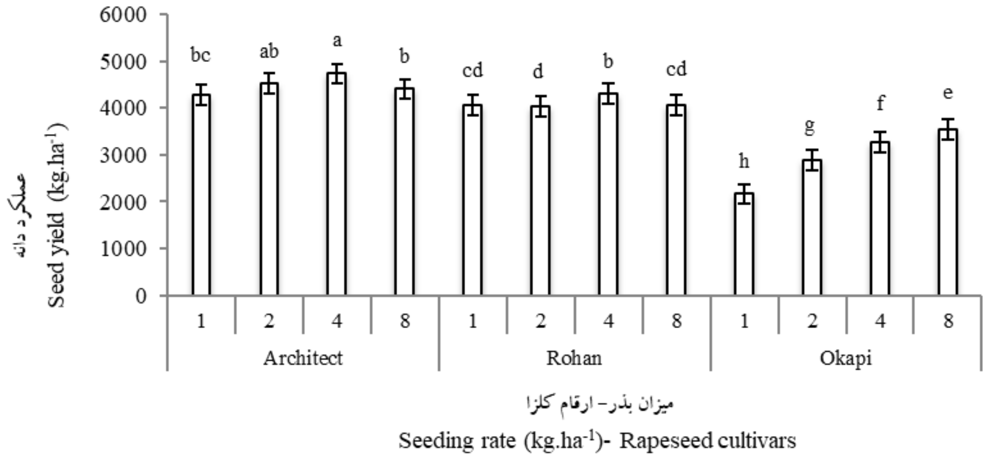


شکل ۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 7. Mean comparison of 1000 seed weight of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش رقم و میزان بذر بر عملکرد دانه ارقام کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان می‌دهد واکنش ارقام به تراکم‌های بوته متفاوت بوده است. عملکرد دانه رقم اکاپی در تیمار یک کیلوگرم در هکتار، ۲۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود و در تیمارهای چهار و هشت کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب به ۳۲۷۴ و ۳۵۳۲ کیلوگرم در هکتار رسید. در رقم روهان بیشترین عملکرد دانه در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در رقم آرشیتکت کمترین عملکرد دانه (۴۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار یک کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار چهار کیلوگرم در هکتار داشت. بالاترین عملکرد دانه در رقم آرشیتکت در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد آن در تیمار دو کیلوگرم در هکتار نداشت (شکل ۸).

افزایش تراکم بوته در اثر کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد خورجین در بوته، باعث کاهش عملکرد دانه در تک بوته می‌شود، اما افزایش مطلوب تراکم باعث جبران کاهش شاخه‌های فرعی و اجزای عملکرد از طریق افزایش تعداد بوته‌ها در واحد می‌شود. افزایش عملکرد دانه در تراکم مطلوب بوته‌ها توسط سایر محققان گزارش شده‌است (Leach *et al.*, 1999; Momoh and Zhou, 2001; Sidlauskas and Bernotay, 2003;). تراکم بوته یکی از عوامل مهم و موثر بر عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. با افزایش تراکم،



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

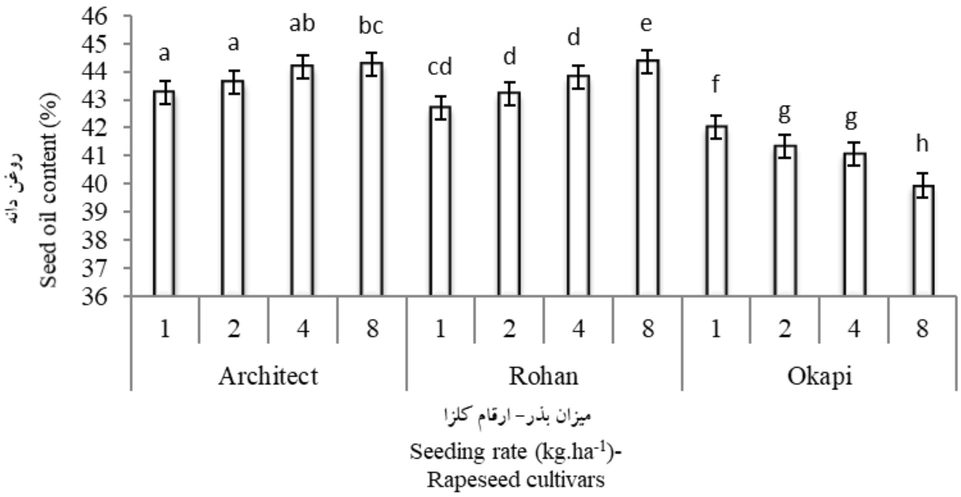
Fig. 8. Mean comparison of seed yield of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

عملکرد دانه تا حدی افزایش یافته و از آن به بعد افزایش تراکم، تاثیری بر افزایش عملکرد نخواهد داشت. در تراکم‌های پایین کلزا علی‌رغم افزایش تعداد شاخه فرعی، به علت کاهش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد مطلوبی در واحد سطح حاصل نمی‌شود (Koocheki *et al.*, 2020). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ارقام جدید کلزا مانند روهان و آرشیتکت حساسیت بیشتری به تراکم بوته دارند و این قابلیت در آنها وجود دارد که در تراکم‌های پایین، کاهش تعداد بوته‌ها با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی جبران شود (شکل ۳). در تحقیق حاضر رقم اکاپی به‌علت تعداد شاخه فرعی کمتر (شکل ۳)، بیشترین عملکرد دانه را در تیمار هشت کیلوگرم در هکتار داشت، اما در ارقام روهان و آرشیتکت بیشترین عملکرد دانه در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، هر چند در رقم آرشیتکت بین تیمارهای دو و چهار کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بر این اساس به‌نظر می‌رسد که در رقم روهان میزان بذر چهار کیلوگرم در هکتار برای کاشت قابل توصیه باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش رقم و میزان بذر بر محتوای روغن دانه ارقام کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کمترین میزان روغن دانه در رقم اکاپی در تیمار یک کیلوگرم در هکتار و بیشترین مقدار آن در رقم آرشیتکت در تیمارهای چهار و هشت کیلوگرم در هکتار و در روهان در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار حاصل شد. با افزایش میزان بذر (تراکم بوته)، محتوای روغن دانه روند صعودی معنی‌داری داشت (شکل ۹).

گزارش شده است که محتوای روغن دانه کلزا در ساقه اصلی بیشتر از شاخه‌های فرعی است (Ozer, 2003). در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد که با افزایش میزان بذر، محتوای روغن دانه افزایش یافت که این موضوع می‌تواند مربوط به کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و افزایش تعداد ساقه اصلی در واحد سطح باشد. این موضوع با نتایج آزمایش براهیم و همکاران (Brahim *et al.*, 1998) در گیاه دانه روغنی *Lesqurella fendleri* مطابقت دارد. در آزمایش آنها محتوای روغن دانه در تراکم‌های ۵۰ تا ۱۶۸ بوته در مترمربع بیشتر از تراکم ۲۵ بوته در مترمربع بوده است. در آزمایش مومو

و زو (Momoh and Zhou, 2001) محتوای روغن دانه ارقام کلزای با افزایش تراکم بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که از دلایل این عدم همخوانی با نتایج تحقیق حاضر را می‌توان با نوع رقم مورد آزمایش، روش کاشت، متفاوت بودن میزان تراکم بوته و روابط بین آنها مرتبط دانست.



شکل ۹- مقایسه میانگین محتوای روغن دانه ارقام کلزا در برهمکنش تیمارهای میزان بذر و رقم

Fig. 9. Mean comparison of seed oil content of rapeseed cultivars in interaction of seeding rate and cultivar treatments

بر اساس نتایج تجزیه همبستگی، دوره پر شدن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن هزار دانه (**r=۰/۷۹)، عملکرد دانه (*r=۰/۸)، تعداد شاخه‌های فرعی (**r=۰/۸۴)، ارتفاع بوته (**r=۰/۸۵) و محتوای روغن دانه (*r=۰/۷) داشت. بنابراین ارقامی با دوره پر شدن دانه طولانی‌تر عملکرد دانه بالاتری نیز دارند که در این تحقیق در ارقام روهان و آرشیتکت چنین وضعیتی مشاهده شد. عملکرد دانه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته و محتوای روغن دانه داشت. تعداد شاخه‌های فرعی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با دوره پر شدن دانه (**r=۰/۸۴)، وزن هزار دانه (**r=۰/۸۳)، عملکرد دانه (**r=۰/۷۶)، ارتفاع بوته (**r=۰/۹۷)، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی (*r=۰/۶۷) و محتوای روغن دانه (**r=۰/۷۲) داشت (جدول ۳). عواملی که باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شوند، باعث کاهش عملکرد دانه نیز می‌شوند، زیرا بر اندازه و پتانسیل رشد گل آذین نیز اثر دارند (Khajehpour, 2007)، همبستگی مثبت و معنی‌دار ارتفاع بوته با عملکرد دانه (**r=۰/۷۳) نیز می‌تواند موید این موضوع باشد. برادران و همکاران (Baradaran *et al*., 2006) در آزمایشی روی ۱۵ رقم کلزای زمستانه گزارش کردند که عملکرد دانه با صفات تعداد شاخه‌های فرعی (**r=۰/۷۶) و محتوای روغن دانه (**r=۰/۹۴) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در گزارش دهقانی و همکاران (Dehghani *et al*., 2008) در آزمایش روی کلزا گزارش کردند که بین عملکرد دانه با تعداد شاخه‌های فرعی در بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2011) نیز همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه گزارش کردند. نتایج تجزیه همبستگی

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام کلزا در تیمارهای میزان بذر و رقم

Table 3. Correlation coefficients between plant traits of rapeseed cultivars in seeding rate and cultivar treatments

		روز تا رسیدگی Days to maturity	دوره پر شدن دانه Seed filling duration	کسر پر شدن دانه Seed filling fraction	تعداد شاخه فرعی No. secondary branches	ارتفاع بوته Plant height	تعدادخورجین در بوته No. silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی No seed.silique^{-1} of main stem	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	روغن دانه Seed oil content
Days to flowering	روز تا گلدهی	0.82**	-0.23^{ns}	-0.43^{ns}	-0.12^{ns}	-0.028^{ns}	0.75**	0.53**	-0.19^{ns}	-0.62*	-0.73**
Days to maturity	روز تا رسیدگی	1	0.34^{ns}	0.14^{ns}	0.37^{ns}	0.46^{ns}	0.9**	0.82**	0.27^{ns}	-0.13^{ns}	-0.3^{ns}
Seed filling duration	دوره پر شدن دانه		1	0.97**	0.84**	0.85**	0.3^{ns}	0.53^{ns}	0.79**	0.8**	0.7*
Seed filling fraction	کسر پر شدن دانه			1	0.81**	0.79**	0.11^{ns}	0.37^{ns}	0.77**	0.88**	0.8**
No. Secondary branches	تعداد شاخه فرعی				1	0.97**	0.41^{ns}	0.67*	0.83**	0.76**	0.72**
Plant height	ارتفاع بوته					1	0.5^{ns}	0.76**	0.85**	0.73**	0.66*
No. silique.plant^{-1}	تعداد خورجین در بوته						1	0.89**	0.3^{ns}	-0.09^{ns}	-0.27^{ns}
No. seed.silique^{-1} of main stem	تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی							1	0.51^{ns}	0.22^{ns}	0.09^{ns}
1000 seed weight	وزن هزار دانه								1	0.74**	0.69*
Seed yield	عملکرد دانه									1	0.94**
Seed oil content	روغن دانه										1

نشان داد که کسر پر شدن دانه با تعداد روز تا گلدهی (r=-۰/۴۳^{ns}) و تعداد روز تا رسیدگی (r=۰/۱۴^{ns}) همبستگی منفی داشته و با وزن هزار دانه (r=۰/۷۷**)، عملکرد دانه (r=۰/۸۸**)، تعداد شاخه‌های فرعی (r=۰/۸۱**)، ارتفاع بوته (r=۰/۷۹**) و محتوای روغن دانه (r=۰/۸**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد که ارقامی که سهم دوره پر شدن دانه از کل دوره رشد بیشتر بود، صفات عملکردی با مقادیر بالاتری داشتند. ارتباط مثبت و معنی‌دار این شاخص با تعداد شاخه‌های فرعی نشان داد که در ارقام آرشیتکت و روهان با دارا بودن سهم بیشتر دوره پر شدن دانه از کل دوره رشد، قابلیت تولید شاخه‌های فرعی بیشتر و ارتباط مثبت دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه، باعث افزایش وزن دانه‌ها در آنها شد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که واکنش ارقام کلزا به افزایش تراکم بوته متفاوت بود. در رقم اکاپی با افزایش تراکم، عملکرد دانه افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای چهار و هشت کیلوگرم در هکتار ثبت شدند که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما در رقم آرشیتکت بیشترین عملکرد دانه در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار ثبت شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار دو کیلوگرم نداشت. در رقم روهان بیشترین عملکرد دانه در تیمار چهار کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در رقم اکاپی مناسب‌ترین مقدار بذر، هشت کیلوگرم در هکتار بود. همبستگی مثبت و معنی‌دار دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه از دیگر موارد ارزیابی شده در این تحقیق بود، اما ارتباط منفی و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد روز تا گلدهی مشاهده شد. کسر پر شدن دانه، سهم دوره پرشدن دانه از کل دوره رشد گیاه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که ارقام آرشیتکت و روهان با دوره رشد تا گلدهی کوتاه‌تر و دوره پر شدن دانه طولانی‌تر (کسر پر شدن دانه بیشتر) از عملکرد دانه، وزن هزار دانه و محتوای روغن دانه بالاتری برخوردار بودند. با افزایش میزان بذر، محتوای روغن دانه‌های کلزا در ارقام کلزا حدود یک درصد افزایش یافت که یکی از علت‌های آن می‌تواند افزایش تعداد ساقه‌های اصلی در اثر افزایش تراکم بوته باشد. با توجه به نتایج آزمایش، به‌نظر می‌رسد که در ارقام جدید کلزا، بالا بودن طول دوره پر شدن دانه و بالا بودن کسر پر شدن دانه (سهم دوره پرشدن دانه از کل دوره رشد) باعث افزایش عملکرد دانه در ارقام جدید کلزا شده و می‌توان آن‌ها را شاخص‌های انتخاب ارقام برتر کلزا در نظر گرفت.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت محترم گروه آدینه، آقای مهندس محمدرضا شریفی‌نویسی بابت مساعدت و حمایت مالی انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadi, B., Shirani Rad, A.H. and Khorgami, A. 2014. The effect of plant population densities and cultivars on forage yield, qualitative traits and growth indices in canola forage (*Brassica napus* L.). *European Journal of Zoological Research*, 3, pp.62-70.

Al- Barzinjy, M., Stolen, O., Christiansen, J.L. and Jensen J.E. 1999. Relationship between plant density and yield for two spring cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica*, 49, pp.129-133. https://doi.org/10.1080/09064719909362508

Ali, M.H., Zaman, S.M.H. and Hossain, S.M.A. 1996. Variation in yield, oil and protein content of rapeseed (*Brassica campestris* L.) in relation to levels of nitrogen, sulphur and plant density. *Indian Journal of Agronomy,* 41 (2), pp.290-295. https://doi.org/10.59797/ija.v41i2.3652

Alizadeh, F., Zaaferian, F., Torabi, B. and Abbasi, R. 2020. Effect of plant density on phonologic, morphologic, yield and yield components in rapeseed varieties. *Crop Production*, 12(3), pp.121-138. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2019.16385.2219

Baradaran, R., Majidi, E., Darvish, F. and Azizi, M. 2006. Study of correlation relationships and path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences,* 12, pp.811-819. [In Persian].

Brahim, K., Ray, D.T. and Dierig, D.A. 1998. Growth and yield characteristics of *Lesquerella fendleri* as a function of plant density. *Industrial Crops and Products*, 9, pp.63-71. https://doi.org/10.1016/S0926-6690(98)00015-6

Christmas, E.P. 1996. Evaluation of planting date for winter canola production in Indiana. Proceedings of the Third National Symposium Indianapolis, Indiana, 22-25 October 1996. Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria, USA.

Dehghani, H., Omidi, H. and Sabaghnia, N. 2008. Graphic analysis of relation of rapeseed using the biplot method. *Agronomy Journal,* 100, pp.1443-1449. https://doi.org/10.2134/agronj2007.0275

Hiltbrunner, J., Streit, B. and Liedgens, M. 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? *Field Crops Research,* 102, pp.163-171. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.009

ISO 10565. 1998. Oilseeds; Simultaneous Determination of Oil and Water Contents. Method Using Pulsed Nuclear Magnetic Resonance Spectrometry. International Standard (ISO), Second Edition, pp.1-7.

Kazemeini, S.A., Edalat, M., Shekoofa, A. and Hamidi, R. 2010. Effects of nitrogen and plant density on rapeseed (*Brassica napus* L.) yield and yield components in Southern Iran. *Journal of Applied Science and Engineering,* 10, pp.1461-1465. [In Persian].

Khajehpour, M.R. 2007. Production of Industrial Crops. Jihad Daneshghahi Press, Isfahan University of Technology. [In Persian].

Koocheki, A., Azizi, M., Norozian, A. and Najibnia, S. 2020. Evaluation of a wide range of plant density on yield and yield components of rapeseed cultivars. *Journal of Agroecology*, 12, pp.1-13. [In Persian]. doi: 10.22067/jag.v12i1.40807

Leach, J.E., Stevenson, H.J., Rainbow, A.J. and Mullen, L.A. 1999. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape. *The Journal of Agricultural Science Cambridge*, 132, pp.173-180. https://doi.org/10.1017/S0021859698006091

Li, X., Zuo, Q., Chang, H., Bai, G., Kuai, J. and Zhou, G. 2018. Higher density planting benefits mechanical harvesting of rapeseed in the Yangtze River Basin of China. *Field Crops Research*, 218, pp.97-105.

https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.013

Lopez-Bellido, F.J., Lopez-Bellido, L. and Lopez-Bellido, R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 23, pp.359-378. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.02.002

Menendez, Y.C. Botto, J.F. Gomez, N.V. Miralles, D.J. Rondanini, D.P. 2019. Physiological maturity as a function of seed and pod water concentration in spring rapeseed (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*, 231, pp.1-9. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.002

Momoh, E.J.J. and Zhou, W. 2001. Growth and yield responses to plant density and stage of transplanting in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186, pp.253-259. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00476.x

Mujtaba, M. and Imran, R. 2003. Impact of row spacing and fertilizer levels (Diammonium phosphate) on yield and yield components of canola. *Asian Journal of Plant Science*, 26, pp. 234-456.

Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy*, 19, pp.453-463. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00136-3

Rondanini, D.P., Menendez, Y.C., Gomez, N.V., Miralles, D.J. and Botto, J.F. 2017. Vegetative plasticity and floral branching compensate low plant density in modern spring rapeseed. *Field Crops Research*, 210, pp.104-113. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.021

Sedaghat, H., Nadeem, A.M. and Tanveer. H. 2003. Physiogenetic aspects of drought tolerance in canola. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4, pp.611-621.

Shirani Rad, H. and Ahmadi, M.R. 1996. Effect plant density on agronomic traits in two cultivars of winter rapeseed in Karaj. *Seed and Plant Journal*, 11(2), pp.9-11. [In Persian].

Siadat, S.A., Sadeghipour, O. and Hashemi Dezfouli, A. 2010. Effect of nitrogen and plant density on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Crop Production Research*, 2(1), pp. 49-61. [In Persian].

Sidlauskas, G. and Bernotas, S. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1, pp.229-243.

Vincence, J. and Belan, M.1988. Yield of winter rape cultivars in relation to changes in yield forming components. *Agronomy Journal*. 3, pp.60-66.

Yantai, G., Harker, K.N., Kutcher, H.R., Gulden, R.H., Irvine, B., May, W.E. and O'Donovan, J.T. 2015. Canola seed yield and phenological responses to plant density. *The Canadian Journal of Plant Science*, 96, pp.151-159. https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0093

Yates, D.J. and Steven, M.D. 1987. Reflection and absorption of solar radiation by flowering canopies of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 109, pp.495-502. https://doi.org/10.1017/S0021859600081703

Zhang, H., Flottmann, S. and Milroy, S.P. 2011. Yield formation of canola (*Brassica napus* L.) and associated traits in the high rainfall zone. *Australian Research Assembly on Brassicas*, 17, pp.93-98.